

СИНТЕЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРУГОВЫХ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Под кинематической структурой станка понимается совокупность всех кинематических групп и межгрупповых связей, необходимых для реализации принятых схем формообразования. Кинематическая структура устанавливает функциональные связи исполнительных органов и механизмов станка, определяет принцип его работы для получения заданной поверхности и является основой для разработки компоновки и кинематической схемы станка. Поэтому разработка кинематической структуры является ответственным этапом схмотехнического проектирования станка.

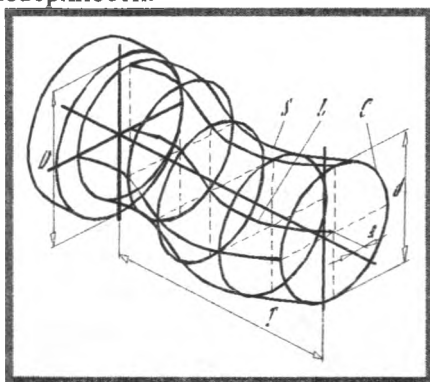
Построение кинематической структуры любого станка базируется на принципах, общих для станков с любыми кинематическими связями (механическими, электромеханическими, мехатронными, гидравлическими, комбинированными и др.) и системами управления [1]. Основными из них являются следующие:

–любое исполнительное движение в станке создается соответствующей кинематической группой (простое движение – простой, а сложное– сложной кинематической группой);

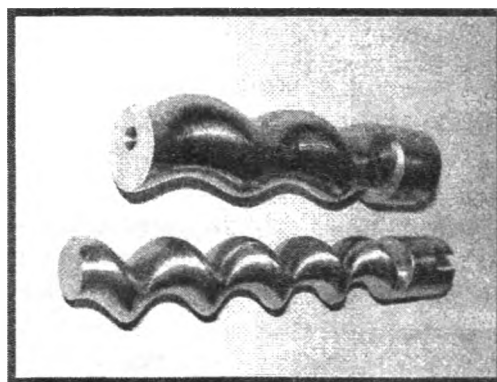
–каждая кинематическая группа содержит источник движения, внешнюю и внутреннюю связи, из которых внутренняя связь обеспечивает соответствующими органами настройки траекторию создаваемого движения, а внешняя связь – его скорость и направление, а также передачу энергии от источника движения во внутреннюю связь;

– кинематическая структура станка определяется структурой отдельных групп и способом их соединения между собой.

Основой для разработки кинематической структуры станка служит метод формообразования поверхности, представляющий сочетание методов формообразования ее производящих линий (образующей и направляющей). Последние определяются на основе анализа геометрии формируемой поверхности.



а



б

Рис. 1. Геометрия круговой винтовой поверхности (а)
и образцы деталей с такой поверхностью (б)

Круговая винтовая поверхность S (рис. 1, а) является кинематической, т. е. может быть представлена как след образующей при движении по направляющей. Вписанная в круговую цилиндрическую поверхность диаметром D в каждом поперечном сечении она представляет окружность S диаметром d . Основными геометрическими параметрами круговой винтовой поверхности являются диаметр поперечного сечения d , эксцентриситет профиля e и шаг T . Конструкция станка для обработки круговых винтовых поверхностей должна обеспечивать получение производящих линий поверхности (окружности и винтовой линии) и возможность настройки указанных параметров.

Круговыми винтовыми поверхностями ограничены, например, роторы одновинтовых насосов (рис. 1, б), которые достаточно широко применяются в технологическом оборудовании различных отраслей промышленности. Следует отметить, что отечественная промышленность не

производит станки для обработки круговых винтовых поверхностей, поэтому детали импортного оборудования с такими поверхностями обычно приобретаются за рубежом. В этой связи актуально освоение производства таких изделий, что связано с созданием соответствующего оборудования и разработкой технологии их обработки.

Учитывая, что любую поверхность можно представить как след движения одной линии (образующей) по другой (направляющей), круговую винтовую поверхность (рис. 1, а), можно получить относительным перемещением окружности и винтовой линии. При этом возможны два варианта образования круговой винтовой поверхности: в первом случае образующей является окружность, которая перемещается по направляющей винтовой линии; во втором случае, наоборот, окружность является направляющей. Второй случай является нерациональным, т.к. его реализация связана с дискретным движением деления и образованием огранки на обработанной поверхности. Поэтому задача синтеза кинематической структуры станка рассматривается здесь для первого варианта, когда образующей поверхности S является окружность C , а направляющей – линия L .

Окружность, как образующая круговой винтовой поверхности, может быть образована различными методами [2]. Наиболее просто она формируется методом следа при перемещении вдоль нее производящей точки, например вершины резца. Это перемещение (движение профилирования) может создаваться вращением производящей точки (движением $\Phi_V(B)$) или сочетанием, как минимум, двух элементарных движений, например, вращательного B_1 и осциллирующего (возвратно-поступательного) O_2 , совершаемых кинематически связанными между собой исполнительными органами станка, несущими инструмент и заготовку. Их сочетанием создается движение резания $\Phi_V(B_1O_2)$. Здесь рассматривается более сложный второй случай.

Направляющая круговой винтовой поверхности, формируемая методом следа, образуется винтовым движением подачи T_S – согласованными вращательным B и поступательным Π движениями, т. е. движением $\Phi_S(B\Pi)$.

Множество возможных кинематических схем обработки круговых винтовых поверхностей определяется распределением между инструментом и заготовкой элементарных движений, составляющих движения формообразования. Более простым является вариант реализации рассматриваемой схемы, когда производящая окружность формируется в результате согласованных возвратно-поступательного движения O_2 резца 2 (рис. 2) перпендикулярно геометрической оси O заготовки 1 и вращения B_1 последней вокруг этой оси. Параметры возвратно-поступательного движения резца таковы, что центр образующейся окружности в любой момент времени отстоит от геометрической оси O заготовки на величину эксцентриситета профиля e .

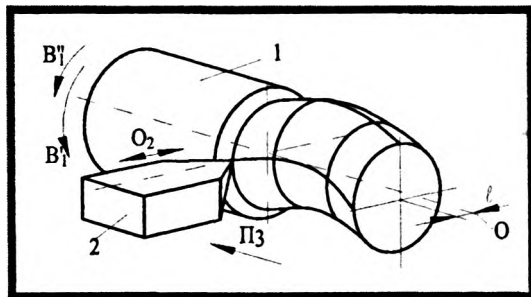


Рис. 2. Схема формообразования круговой винтовой поверхности точечным производящим элементом

Необходимое для формирования круговой винтовой поверхности перемещение образующей окружности по винтовой линии заданного шага осуществляется за счет дополнительного вращения B_1 заготовки вокруг своей геометрической оси, согласованного с поступательным движением Π_3 резца параллельно оси O_1 заготовки. Соотношение между этими элементарными движениями таково, что за время перемещения инструмента относительно заготовки на шаг формируемой винтовой поверхности заготовка должна совершить один дополнительный оборот. Таким образом, круговая винтовая поверхность формируется двумя сложными исполнительными движениями – движением резания $\Phi_V(B_1O_2)$ и винтовым движением подачи $\Phi_S(\Pi_3 B_1)$. Так как вращение заготовки согласовано с возвратно-поступательным движением резца, то вместо дополнительного вращения заготовки инструменту может сообщаться дополнительное возвратно-поступательное движение O_4 (рис. 3) В этом случае за время перемещения инструмента на то же расстояние резец должен совершить дополнительно один двойной ход.

Таким образом, исходя из кинематики формообразования, исполнительными органами станка для обработки круговых винтовых поверхностей являются шпиндель с заготовкой, продольный и поперечный суппорты, а его кинематическая структура должна содержать две сложные кинематические группы: группу движения профилирования поперечного сечения поверхности и группу винтового движения.

Такую кинематическую структуру имеет станок [3] для обработки круговых и других типов винтовых поверхностей, структурная схема которого представлена на рис. 3. Станок содержит шпиндель 1, несущий обрабатываемую заготовку 2, станину 3, на которой с возможностью перемещения вдоль нее установлен продольный суппорт 4, несущий поперечный суппорт 5 и установленную на нем с возможностью перемещения поперек станины каретку 6 с закрепленным на ней резцом 7. После обработки заготовки резцом ее окончательная обработка может осуществляться также инструментом для поверхностно-пластического деформирования.

Продольный 4 и поперечный 5 суппорты снабжены тяговыми устройствами, соответственно 8 и 9, служащие для перемещения этих суппортов. Тяговое устройство 8 связано со шпинделем 1 кинематической цепью, содержащей орган настройки 10 подачи продольного суппорта и реверсивный механизм 11 для настройки ее направления. Тяговые устройства 8 и 9 связаны между собой кинематической цепью, содержащей орган настройки 12 соотношения скоростей перемещения продольного и поперечного суппортов и реверсивный механизм 13 для настройки соотношения направлений этих движений при обработке конических винтовых поверхностей.

На поперечном суппорте 5 смонтирован механизм 14 возвратно-поступательного движения каретки 6, который связан со шпинделем 1 кинематической цепью, содержащей суммирующий механизм 15 и орган настройки 16, служащий для задания соотношения между одним оборотом шпинделя и числом двойных ходов каретки 6 при обработке многозаходных винтовых поверхностей. Через суммирующий механизм 15 механизм 14 связан также с тяговым устройством 8, что позволяет сообщать каретке с инструментом 7 дополнительное движение, необходимое для получения на заготовке винтовой поверхности. Шаг этой поверхности настраивается органом 17.

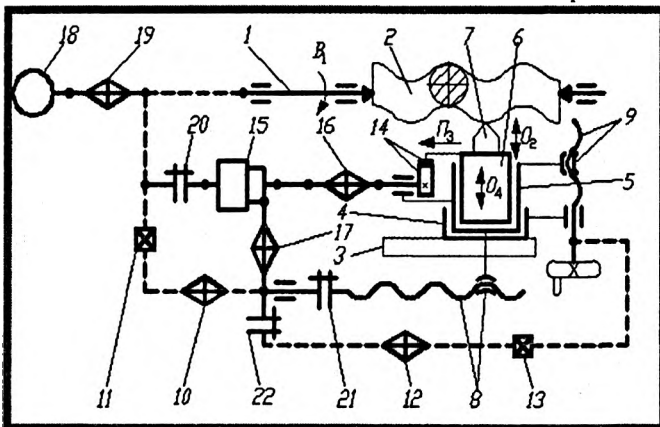


Рис.3. Структурная схема станка для обработки круговых винтовых поверхностей

когда создаваемые ими движения не требуются для обработки заданной поверхности.

Кинематическая структура данного станка включает множество частных кинематических структур, обеспечивающих обработку различных винтовых поверхностей: цилиндрических и конических резьб, спиралей на торцах деталей, круговых и канальных винтовых поверхностей. Рассмотрим частную кинематическую структуру станка, соответствующую обработке круговых винтовых поверхностей.

Данная структура содержит две сложные кинематические группы: группу движения профилирования $\Phi_V(B_1O_2)$ (образования производящей окружности) и группу движения $\Phi_S(P_3O_4)$, обеспечивающего образование направляющей поверхности.

Внутренняя связь группы движения профилирования выполнена в виде кинематической цепи, связывающей шпиндель 1 с кулачком механизма 14 через суммирующий механизм 15 и орган настройки 16. Внешняя связь этой группы соединяет двигатель 18 с внутренней связью через орган настройки 19 скорости исполнительного движения. Внутренняя связь второй кинематической группы соединяет тяговое устройство 8 с кулачком механизма 14 через орган настройки 17, суммирующий механизм 15 и орган настройки 16. Внешняя связь этой группы соединяет двигатель 18 с ее внутренней связью через органы настройки 19, 11 и 10.

Станок настраивается в соответствии с режимом резания и параметрами обрабатываемой круговой винтовой поверхности (диаметр ее поперечного сечения, эксцентриситет профиля, шаг и направление винтовой поверхности). При настройке станка диаметр поперечного сечения (производящей окружности) устанавливается перемещением поперечного суппорта 5 поперек станины, эксцентриситет профиля обеспечивается установкой в механизме 14 возвратно-поступательного движения каретки 6 сменного кулачка соответствующей формы, шаг получаемой винтовой поверхности настраивается органом 17, а ее направление (левое или правое) – реверсивным меха-

низмом 11. Элементы режима резания – скорость резания (частота вращения шпинделя с заготовкой) и подача продольного суппорта настраиваются соответственно органами 19 и 10.

При обработке круговой винтовой поверхности станок работает следующим образом. Шпиндель 1 с заготовкой 2 получают от двигателя 18 вращение V_1 с частотой, настроенной органом 19, а каретка 6 с инструментом 7 – возвратно-поступательное (осциллирующее) движение O_2 , согласованное с вращением шпинделя. В результате осуществления этих движений на заготовке 2 инструментом 7 формируется заданный профиль поперечного сечения круговой винтовой поверхности – окружность определенного радиуса.

Одновременно с указанными движениями получает прямолинейное перемещение P_3 продольный суппорт 4, благодаря чему осуществляется обработка поверхности по длине. Вследствие того, что тяговое устройство 8 через суммирующий механизм 15 связано с механизмом 14 возвратно-поступательного движения, каретка 6 с инструментом 7 получают дополнительное возвратно-поступательное движение O_4 , вследствие чего инструментом формируется винтовая поверхность с круговым профилем, требуемый шаг которой обеспечивается органом настройки 17, а ее направление – реверсивным механизмом 11.

Аналогично станок работает при обработке каналовых винтовых поверхностей. Отличие в настройке станка в этом случае состоит в установке в механизме 14 возвратно-поступательного движения каретки кулачка определенной формы, соответствующей профилю поперечного сечения формируемой каналовой поверхности.

При отсутствии специального оборудования для обработки деталей с круговыми винтовыми поверхностями в условиях мелкосерийного производства целесообразно использовать модернизированные универсальные станки. Проведенный анализ известных станков показал, что наиболее близкую кинематическую структуру к станкам для обработки круговых винтовых поверхностей имеют токарно-затыловочные станки. Рассмотренная частная кинематическая структура реализована при модернизации универсального токарно-затыловочного станка модели 1Б811, конструкция которого обеспечивает возможность настройки всех параметров круговой винтовой поверхности, что позволяет обрабатывать на нем широкую номенклатуру роторов винтовых насосов [4], образцы двух из которых показаны на рис. 1, б. Благодаря этому решена задача освоения производства роторов винтовых насосов по заказам промышленности, что позволило отказаться от их закупки за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. – М: "Машиностроение", 1970. – 403 с.
2. Данилов В. А., Чепурной А. А. Сравнительный анализ схем формообразования круговых винтовых поверхностей // Теория и практика машиностроения: междунар. науч.-техн. журнал. 2005. – №2. – С.36 – 39.
3. Патент 4118 ВУ. МПК В23В 1/00, В23G 1/00. Способ обработки пазов на торцах деталей и станок для его осуществления / Данилов В.А., Чепурной А.А. (ВУ). – Заявка № и 20070465; Заявл. 2007.06.25; Оpubл. 2007.12.30.
4. Данилов В.А., Чепурной А.А. Синтез и реализация схем формообразования каналовых винтовых поверхностей резанием // Вестник Полоцкого государственного университета, серия В "Прикладные науки". – 2003. – №4, т. 2. – С. 204 – 207.